Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 5, Nov.-Dec. 2020, p. 1019-1032

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۹، ص. ۱۰۳۲-۱۰۱۹

مقاله علمی-پژوهشی

تأثیر سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی بر عملکرد برنج و بهره‌وری آب در دو روش کشت نشائی و کشت مستقیم بذر

مریم کریمی‌فرد[1]- مهدی ذاکری نیا[2]*- علیرضا کیانی[3]- محمدتقی فیض‌بخش[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۰۵

چکیده

گیاه برنج ازنظر اهمیت دومین غله مهم خوراکی بعد از گندم در ایران هســت. مهم‌ترین عامل تولید پایدار در مناطق تولید برنج نیز آب اســت. این پژوهش به‌منظور امکان‌ســنجی استفاده از روش‌های نوین آبیاری با هدف بهره‌وری بیشــتر از آب در دو روش کشــت مســتقیم و نشایی برنج انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۶ تیمار و سه تکرار در ۱۸ کرت به ابعاد هر کدام ۶ متر در ۱۲ متر (۷۲ متر مربع) در زمینی به مساحت ۱۵۰۰ متر مربع در ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله استان گلستان در بهار و تابستان سال ۱۳۹۷ انجام شد. تیمارها شامل سه سامانه آبیاری غرقابی، بارانی و نواری – تیپ به‌عنوان عامل اصلی و دو روش کشت مستقیم و نشایی به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شــدند. نتایج تجزیه واریانس نشــان داد که اثر آبیاری و روش کاشت بر عملکرد شلتوک در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین عملکرد برنج درکشت نشایی درروش آبیاری غرقابی با میانگین ۸۱۷۷ کیلوگرم در هکتار و بعدازآن درکشت مستقیم در آبیاری سنتی و نواری–تیپ به ترتیب با میانگین ۷۳۷۵ و ۶۸۳۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. بیشترین وزن هزار دانه درکشت نشایی در آبیاری سنتی و درکشت مستقیم در آبیاری سنتی و نواری–تیپ به دســت آمد. بیش‌ترین تعداد دانه پر در خوشــه در تیمار آبیاری ســنتی، درکشــت نشــایی به دست آمد که با مقدار به‌دست‌آمده درکشت مستقیم تفاوت معنی‌دار داشــت. همچنین در آبیاری سنتی بین روش‌های کاشت تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد دانه پوک وجود نداشت؛ درحالی‌که در آبیاری قطره‌ای و بارانی کشــت نشایی (با میانگین ۵۱ و ۵۶ عدد برای آبیاری بارانی و قطره‌ای) تعداد دانه پوک بالاتری نسبت به کشت مستقیم (با میانگین ۴۱ و ۴۵ عدد برای آبیاری بارانی و قطره‌ای) داشــته است. آبیاری بارانی کم‌ترین عملکرد شلتوک را درکشت نشایی (۴۱۸۸ کیلوگرم در هکتار) و کشت مستقیم (۵۷۱۲ کیلوگرم در هکتار) داشــته اســت. آبیاری نواری–تیپ با میزان مصرف ۷۳۹۰ و ۶۸۴۰ متر مکعب آب مصرفی، سبب کاهش مصرف آب نسبت به آبیاری ســنتی (۱۰۷۰۰ و ۱۶۹۳) متر مکعب به ترتیب درکشــت نشایی و مستقیم شده است. همچنین بالاترین مقدار بهره‌وری مصرف آب درکشت مستقیم در آبیاری نواری–تیپ (۰/۹۹ کیلوگرم بر متر مکعب) و درکشــت نشایی تحت آبیاری سنتی و قطره‌ای (به ترتیب ۰/۷۶ و ۰/۶۶ کیلوگرم بر متر مکعب) به دســت آمد. درمجموع در این تحقیق روش آبیاری قطره‌ای ضــمن کاهش مصرف آب، توانایی افزایش بهره‌وری آب و حفظ میزان عملکرد برنج درکشت مستقیم را داشته است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، برنج، بهره‌وری، کشت مستقیم، کشت نشائی

مقدمه

در بسیاری از کشورهای جهان، محدودیت آب به موضوعی جدی و نگران‌کننده تبدیل‌شــده اســت. بر اســاس برآورد موسسه بین‌المللی مدیریت آب تا سال ۲۰۲۵ حدود یک میلیارد نفر به آب کافی دسترسی نخواهند داشــت (IWMI, 2011). مطالعات نشــان می‌دهد که بخش کشــاورزی عمده‌ترین مصــرف‌کننده منابع آبی در جهان اســت. لذا، محـدودیت منابع آبی بزرگ‌ترین چالش توســعه کشــاورزی و نهایتاً امنیت غذایی تلقی می‌شود (۱۲). در ایـــران بـــرنج بعـــد از گندم مهم‌ترین محصول زراعی کشور است. سطح زیر کشت برنج در ایـران حدود ۶۰۰ هزار هکتار بودهو ۷۰ درصــد از اراضــی شالیکاری کشور منحصر به دو استان گیلان و مازندران است و استان گلستان ۶۰ هزار

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: mzakerinia@gmail.com)
۳- اســتاد پژوهش بخش فنی و مهندســی، مرکز تحقیقات و آموزش کشــاورزی و منابع طبیعی استان گلستان
۴- اســتادیار پژوهش بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشــاورزی و منابع طبیعی استان گلستان

DOI: 10.22067/jsw.v34i5.84952

هکتار سطح زیر کشت (حدود ۱۰ درصد سطح زیر کشت) در جایگاه سوم هست (آمارنامه جهاد کشاورزی، ۱۳۹۶). عرب زاده (۱) گزارش کرد که یکی از مهم‌ترین مسائل و مشکلات در روند آبیاری بخش کشاورزی ایران، پایین بودن بازده آبیاری است. از دیگر عواملی که موجب پایینی بازده آبیاری بوده و هدر رفت بالای آب را در پی دارد، می‌توان به سنتی بودن روش‌های آبیاری، و توزیع نامناسب آب که در بسیاری از موارد غیرعلمی است اشاره نمود. رضایی و نحوی (۲۰) در مطالعه اثر دور آبیاری در برنج به این نتیجه رسیدند که یکی از راه‌های غلبه بر مشکل پائین بودن بهره‌وری آب آبیاری و مصرف بیش‌ازاندازه آب در آبیاری غرقابی، استفاده از روش آبیاری تناوبی یا تر و خشک‌کردن اراضی شالیزاری است. بومان (۴) در آزمایشی به این نتیجه دست یافته با اعمال مدیریت صحیح آب می‌توان باعث کاهش عملکرد شد و ثانیاً در مصرف آب صرفه‌جویی نموده و درنتیجه بهره‌وری آب را افزایش داد. تلاش‌های زیادی برای کاهش مصرف آب در اراضی برنج‌کاری ایران انجام‌گرفته است و گزارش‌ها متعددی درباره تأثیر آبیاری تناوبی در کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری مصرف آب برنج منتشرشده است، براساس این گزارش‌ها، با تغییر شیوه آبیاری از غرقابی به آبیاری تناوبی می‌توان بدون کاهش عملکرد و یا با درصد قابل قبولی از آن در مصرف آب صرفه‌جویی نمود و بازده کاربرد آب را به مقدار قابل‌توجهی افزایش داد. آبیاری بارانی و قطره‌ای ازجمله روش‌هایی هستند که در تحقیقات جهت افزایش بهره‌وری آب موردتوجه قرارگرفته‌اند. در بررسی گیلانی و رضایی (۷) در استان خوزستان مشاهده شد که درکشت برنج تفاوتی بین آبیاری بارانی و غرقابی ازنظر عملکرد دانه مشاهده نشد؛ درحالی‌که مصرف آب درکشت بارانی یک سوم روش غرقابی بود. کلون و همکاران (۹) در گیاه گندم بهره‌وری ۵/۲۱ و ۱/۳۸ کیلوگرم دانه در هر متر مکعب آب به ترتیب درروش آبیاری بارانی و سطحی را گزارش نمودند. محققان به‌منظور مقایسه تأثیر دو روش آبیاری و قطره‌ای و عملکرد کیفیت محصول و کارایی مصرف آب در زراعت هندوانه، خربزه و گوجه‌فرنگی آزمایش‌هایی را در ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرقبه (مشهد) در سال ۷۵-۷۹ انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که به‌طور متوسط کارایی مصرف آب به روش آبیاری قطره‌ای در هندوانه، خربزه و گوجه‌فرنگی به ترتیب ۲۰،۳۰،۳۰ برای شیاری مرسوم بود (۲). با توجه به خشک‌سالی‌های اخیر، کمبود منابع آب در سطح کشور، ناکافی بودن آب در مراحل مختلف رشد برنج و درنهایت کاهش عملکرد، ضروری است. سهرابی و همکاران (۲۴) به ارزیابی سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار در شبکه‌ی آبیاری قزوین پرداختند نتایج نشان داد که در برخی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای بازده ۱۰۰ در صد حاصل گردید که دلیل آن نبود هیچ‌گونه‌ی تلفات در سامانه می‌باشد. نتایج تحقیقات اخیر نشان داده است که عملکرد دانه برخی از ارقام برنج هوازی با مصرف ۵۰ درصد آب کمتر (در مقایسه با آبیاری مرسوم غرقابی)، حدود ۱۱ تن در هکتار بوده است. در ایران نیز نتایج آزمایش های مقدماتی مربوط به کشت و کار ژنوتیپ های برنج هوازی نشان داده است که این ژنوتیپ‌ها ضمن دارا بودن عملکرد دانه مناسب، امکان تغییر الگوی کشت از غرقابی به هوازی در مناطق مواجه با خطر کم آبی و حفظ تولید برنج در شرایط بحران آبی را فراهم می‌کنند (۱۸).

با برنامه‌ریزی دقیق و اعمال مدیریت صحیح آبیاری از منابع موجود حداکثر استفاده را کرد و ضمن حفظ عملکرد مطلوب، آب مصرفی اراضی شالیزاری را کاهش داد و باعث افزایش بهره‌وری آب آبیاری شد. همچنین در صورت امکان کشت مستقیم بذر در مزرعه بجای خزانه، ممکن است بتوان از هزینه‌های کاشت و تولید و نیز مصرف آب در خزانه جلوگیری نمود. بنابراین هدف از این تحقیق افزایش بهره‌وری آب مصرفی و بررسی آثار روش‌های آبیاری و روش کشت در شالیزار بر عملکرد و اجزاء عملکرد برنج می‌باشد. به نظر می‌رسد درصورتی‌که آبیاری بارانی و قطره‌ای دارای بهره‌وری مصرف آب مطلوبی باشد، می‌توان باصرفه جویی در مصرف از آب مازاد جهت سایر مصارف استفاده نمود و یا آنکه از فشار بیش‌ازحد به منابع آب زیرزمینی و تخلیه روزافزون آن جلوگیری نمود. در این راستا بررسی رژیم‌های مختلف آبیاری بارانی و قطره‌ای جهت افزایش عملکرد برنج و بهره‌وری آب در دو روش کشت نشائی و کشت مستقیم صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله شهرستان گرگان در بهار و تابستان سال ۱۳۹۷ صورت گرفت. منطقه با ۵/۵ متر ارتفاع از سطح دریای آزاد و موقعیت عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ درجه شرقی دارای تابستان‌های گرم و مرطوب و زمستان‌های ملایمی می‌باشد. میزان بارندگی سالیانه استان گلستان ۴۰۰- ۴۵۰ میلی‌متر می‌باشد. آزمایش به‌صورت طرح کرت‌های خردشده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در یک قطعه زمین کشاورزی به مساحت تقریبی ۱۵۰۰ متر مربع صورت گرفت. تیمارهای آبیاری در سه سطح غرقاب و آبیاری قطره‌ای و بارانی به‌عنوان عامل اصلی و روش کاشت در دو سطح کشت نشایی و مستقیم به‌عنوان عامل فرعی مورد نظر قرار گرفتند. ۱۸ کرت با ابعاد ۱۲ در ۶ متر (۷۲ متر مربع) و با ارتفاع معین مرزها و به فاصله یک متر از یکدیگر احداث شد. کرت‌ها شامل دو سیستم کشت نشائی و کشت مستقیم (بذر) بودند. نمایی از طرح اجرا شده در مزرعه در شکل ۱ آمده است.

نشاء غرقاب Flood-Transplanting	بذر غرقاب Flood-seed	نشاء نواری – تیپ Trickle-Transplanting	بذر نواری – تیپ Trickle-seed	نشاء بارانی Sprinkler-Transplanting	بذر بارانی Sprinkler-seed
بذر غرقاب Flood-seed	نشاء غرقاب Flood-Transplantin	بذر نواری – تیپ Trickle-seed	نشاء نواری – تیپ Trickle-Transplanting	بذر بارانی Sprinkler-seed	نشاء بارانی Sprinkler-Transplanting
نشاء غرقاب Flood-Transplanting	بذر غرقاب Flood-seed	نشاء نواری – تیپ Trickle-Transplanting	بذر نواری – تیپ Trickle-seed	نشاء بارانی Sprinkler-Transplanting	بذر بارانی Sprinkler-seed

شکل ۱- شماتیکی از طرح اجرا شده

Figure 1- Schematic of the executed plan

جدول ۱- مشخصات فیزیکی- شیمیایی خاک در مزرعه (عمق صفرتا ۳۰ سانتی‌متر)

Table 1- Physical and chemical properties of soil in the field (depth 30 cm)

بافت Texture	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	فسفر قابل جذب Available P (mg.kg^{-1})	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	pH گل اشباع pH_{SP}	کربن آلی O.C (%)	پتاسیم قابل‌جذب Available K (mg.kg^{-1})	عمق Depth (cm)
لؤم سیلتی Clay-loam	11	60	29	7.8	0.8	7.7	1.33	360	30

آماده‌سازی زمین شامل مراحل شخم اولیه، شخم ثانویه، تسطیح و ایجاد کرت‌بندی قبل از کشت انجام گرفت. بعد از آماده‌سازی زمین، عملیات کودپاشی بر اساس آزمایش تجزیه خاک و طبق نظر کارشناسان به‌صورت یکسان برای تمامی تیمارها اعمال شد. کود اوره به میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت پایه و به مقدار ۶۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت سرک یک ماه بعد از مرحله پایه (در مرحله حداکثر پنجه‌زنی) نیز مصرف شد. کود پتاسیم اکسید (K_2O) به میزان ۷۰ کیلوگرم در هکتار و فسفر پنتااکسید (P_2O_5) به میزان ۲۵ کیلوگرم در هکتار استفاده گردید. مشخصات فیزیکی-شیمیایی محل آزمایش در جدول ۱ آمده است.

رقم مورد انتخابی رقم اصلاح‌شده و پر محصول فجر بود. درروش کشت نشائی در قسمت غرقابی بعدازآن انجام گل‌خرابی نشای برنج پس از ۲۰ روز قرارگیری در خزانه در مرحله سه-چهار برگی و رسیدن به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری در تاریخ ۲۲ خرداد به زمین اصلی منتقل شدند. به‌صورت هم‌زمان، کشت نشائی در بستر خشک بعد از انجام شیار به‌وسیله شیار کن و بعد از پهن کردن سامانه‌های آبیاری در قسمت آبیاری تیپ و بارانی به همین صورت انجام گرفت. هر شش نشاء با فاصله بین ۲۵×۲۵ سانتی‌متر کشت شد. در سیستم کشت بذر مستقیم، قبل از کشت بذرها به مدت سه روز خیسانده و با ظهور جوانه‌زنی بذر به مزرعه برای کشت انتقال داده شد. جهت اعمال آبیاری سنتی کشت نشایی و مستقیم از ابتدا در بستر غرقاب صورت گرفت؛ درحالی‌که جهت اجرای آبیاری نواری-تیپ و بارانی، کشت در بستر مرطوب و اشباع صورت گرفت. در کلیه تیمارها، آبیاری بر اساس میزان تبخیر از تشت تبخیر صورت گرفت و آبیاری هر دو روز اعمال شد. در عملیات داشت، در سه مرحله وجین دستی و با توجه به دستورالعمل‌های فنی سازمان از سموم علف‌کش و نیز مبارزه با آفات و بیماری‌ها در طول دوره رشد برنج انجام گرفت. پس از رسیدن محصول برداشت در اوایل مهرماه پس از حذف حاشیه، انجام شد.ارتفاع بوته، تعداد دانه پر و پوک، تعداد پنجه بارور و غیر بارور، وزن هزار دانه، طول خوشه، عملکرد زیست‌توده و شلتوک بر اساس استانداردهای زراعی اندازه‌گیری شد. شاخص بهره‌وری آب آبیاری مبتنی بر عملکرد با استفاده از رابطه (۱) به دست آمد:

آبیاری/ عملکرد شلتوک= بهره‌وری آبیاری مبتنی بر عملکرد شلتوک (کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار) (۱)

برای اندازه‌گیری‌های موردنظر پنج کپه از هر کرت به‌صورت تصادفی انتخاب شد تجزیه‌وتحلیل داده‌های آزمایش شاملطول ساقه، طول خوشه، وزن هزار دانه، در صد پوکی و عملکرد شلتوک پنجه بارور و غیر بارور، تعداد دانه پر با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد شلتوک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل روش کاشت و آبیاری بر میزان عملکرد شلتوک معنی‌دار بود (جدول ۲). درکشت نشایی، آبیاری سنتی دارای بالاترین عملکرد شلتوک (۸۱۷۷ کیلوگرم

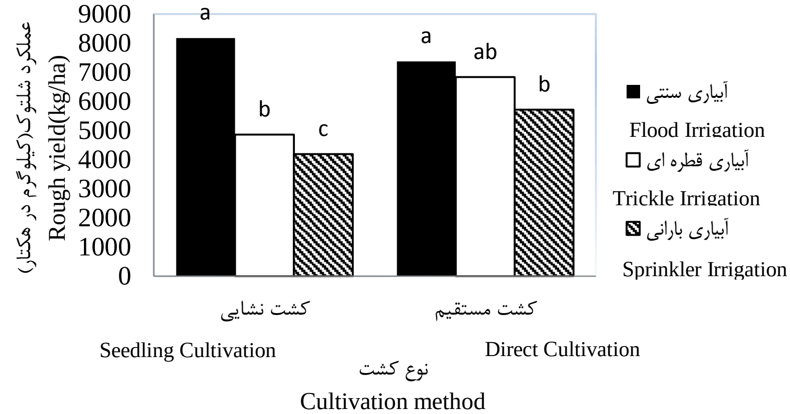
در هکتار) بود که با مقادیر به‌دست‌آمده در آبیاری نواری-تیپ و بارانی (به ترتیب ۴۸۶۵ و ۴۱۸۸ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌دار داشته است (شکل ۲). رضایی و همکاران (۲۱) نیز در کاشت نشایی برنج با کاربرد مدیریت‌های مختلف کم‌آبیاری مشاهده نمودند که بیش‌ترین عملکرد در تیمار غرقاب دائم و کم‌ترین عملکرد در شدیدترین سطح کم‌آبیاری (۴ روز پس از ناپدید شدن آب) بود. در کشت مستقیم عملکرد شلتوک به‌دست‌آمده در آبیاری قطره‌ای (۶۸۳۶ کیلوگرم در هکتار) با آبیاری سنتی (۷۳۷۵ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌داری نداشت و کم‌ترین عملکرد در آبیاری بارانی (۵۷۱۲ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (شکل ۱). پراساد و همکاران (۱۷) گزارش کردند که برای اکثر گیاهان زراعی به‌خصوص آن‌هایی که مانند برنج محدودیت فیزیکی برای رشد دانه دارند، ظرفیت عملکرد عمدتاً توسط تعداد دانه در واحد سطح و طول دوره پر شدن دانه تعیین می‌شود و تنش گرمایی و کمبود آب طول دوره پر شدن دانه و اندازه بذر را کاهش می‌دهد. بررسی ماتریس ضرایب همبستگی بین مدیریت‌های آبیاری و روش کاشت و صفات اندازه‌گیری شده (جدول ۱) نشان داد که تغییرات عملکرد شلتوک بیش‌تر توسط عملکرد زیست‌توده و طول خوشه توجیه می‌شود و با صفات تعداد دانه پوک در خوشه و تعداد پنجه غیر بارور همبستگی منفی و معنی‌دار داشته است.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل آبیاری و روش کاشت بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌های آزمایش نشان داد که درکشت نشایی آبیاری سنتی بالاترین وزن هزار دانه (۲۳/۰۸ گرم) را داشته است که با مقادیر وزن هزار دانه آبیاری نواری -تیپ و بارانی (۱۷/۶۳ و ۱۸/۶۷ گرم) تفاوت معنی‌دار داشته است (شکل ۳). در کشت مستقیم بالاترین وزن هزار دانه در تیمار آبیاری سنتی (۲۰/۸۸ گرم) بود که با تیمار آبیاری قطره‌ای (۱۹/۸۳ گرم) تفاوت معنی‌دار نداشت (شکل ۳). به نظر می‌رسد عدم انتقال مناسب آب برای گیاه روی پر شدن مطلوب دانه تأثیر منفی گذاشته است. مهم‌ترین عامل کاهش وزن هزار دانه در شرایط کم‌آبی، کوتاه شدن دوره پر شدن دانه، کاهش عرضه مواد پرورده به گیاه تحت این شرایط و درنتیجه کاهش وزن دانه است (۱۱). وزن هزار دانه یکی از مؤلفه‌های عملکرد برنج است که مقدار آن به خصوصیات ارقام برنج و شرایط رطوبتی در دوره رسیدگی بستگی دارد (۷). گیلانی و همکاران (۷) در بررسی اثر آبیاری بارانی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد برنج درکشت مستقیم خشکه‌کاری در خوزستان مشاهده نمودند که بالاترین وزن هزار دانه در ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد آب مورد نیاز گیاه و کم‌ترین وزن هزاردانه در ۷۵ درصد آب موردنیاز گیاه مشاهده شد.

تعداد دانه پر و پوک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل آبیاری و روش کاشت بر دانه پر و پوک معنی‌دار بود (جدول ۲). در آبیاری سنتی بین روش‌ها کاشت تفاوت معنی‌داری ازنظر تعداد دانه پوک وجود نداشت؛ درحالی‌که در آبیاری نواری-تیپ و بارانی کشت نشایی (با میانگین ۵۱ و ۵۶ عدد برای آبیاری بارانی و قطره‌ای) تعداد دانه پوک بالاتری نسبت به کشت مستقیم (با میانگین ۴۱ و ۴۵ عدد برای آبیاری بارانی و قطره‌ای) داشته است (شکل ۴). بیش‌ترین تعداد دانه پر در آبیاری سنتی، درکشت نشایی به دست آمد که با مقدار به دست آمده درکشت مستقیم تفاوت معنی‌دار داشت؛ درحالی‌که در آبیاری بارانی و قطره‌ای، بین روش‌های کاشت تفاوت معنی‌داری ازنظر تعداد دانه پر در خوشه وجود نداشت.



شکل ۲- اثر متقابل آبیاری×روش کشت روی صفت عملکرد شلتوک

Figure 2- Interaction effect of Irrigation × method of cultivation on rice yield traits

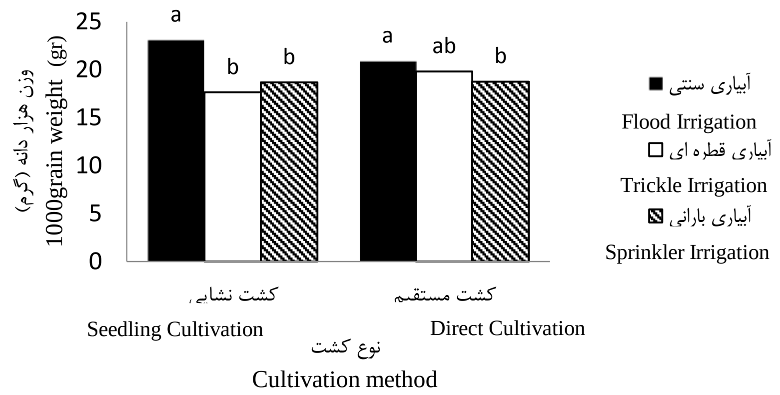
جدول ۲- تجزیه واریانس خصوصیات زراعی برنج تحت تاثیر تیمار سیستم آبیاری × روش کشت

Table 2- Analysis of variance of rice agronomic properties under irrigation system treatment × cultivation method

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی df	صفات زراعی Agronomic traits											
		عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	میزان آب مصرفی Wc	کارایی مصرف آب WUE	وزن هزار دانه 1000-grain weight	ارتفاع بوته Plant height	طول خوشه Panicle length	تعداد دانه پوک Number of empty seeds	تعداد دانه پر خوشه Number of full grains of cluster	پنجه بارور Fertile claw	پنجه غیر بارور Non-fertile tillers
تکرار Replication	2	117161^{ns}	6412^{ns}	0.16^{ns}	88741^{ns}	0.0016^{ns}	0.15^{ns}	44.84^{ns}	0.49^{ns}	12.79^{ns}	12.79^{ns}	0.66^{ns}	0.38^{ns}
سیستم آبیاری Irrigation system	2	48375767**	12502302**	6.00**	25617615**	0.13**	21.24**	1073.17**	27.05**	451**	451.29**	79.6**	6.18**
خطای سیستم آبیاری Irrigation system error	4	569036^{ns}	132990^{ns}	0.66^{ns}	44146^{ns}	0.0009^{ns}	0.12^{ns}	13.55^{ns}	0.91*	10.25^{ns}	10.25^{ns}	4.7^{ns}	0.30^{ns}
روش کاشت Cultivation method	1	14918462**	3625226**	2.72*	147786ns	0.06**	0.0046^{ns}	189.41*	20.14**	195.95**	1.61^{ns}	1.38^{ns}	0.00001^{ns}
خطای روش کاشت Cultivation method error	2	9834759**	3325753**	8.22**	818511^{ns}	0.08**	7.23**	27.67**	17.12**	76.06*	76.06*	10.1^{ns}	2.60**
آبیاری × کاشت ×Irrigation Cultivation	2	677909	108013	0.38	160811	0.0024	0.58	28.46	0.17	9.40	9.40	5.35	0.13
ضریب تغییرات(درصد) CV		6	5	2	4	7	4	6	2	7	3		118

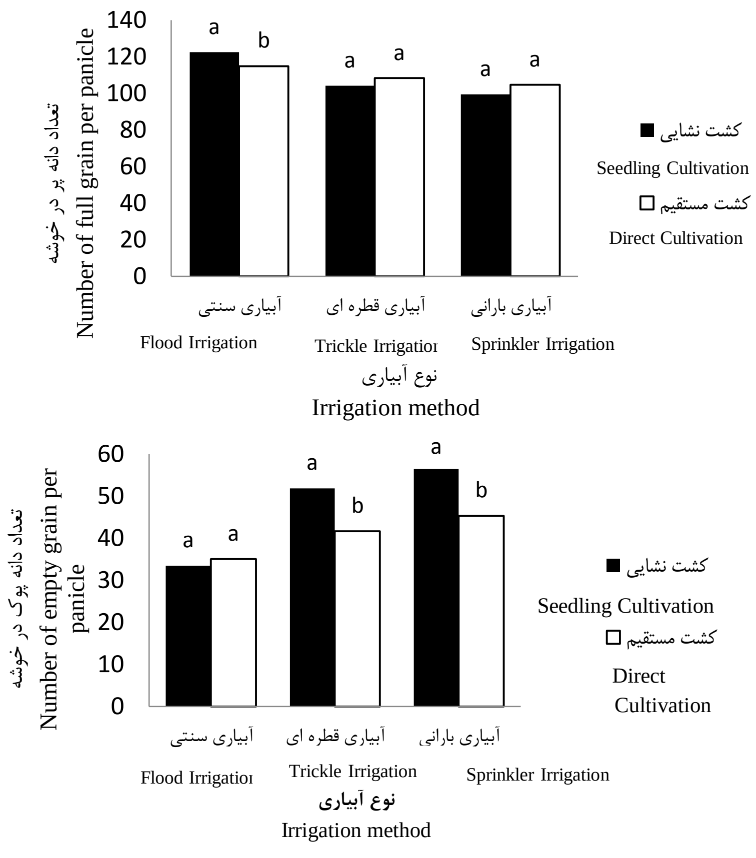
ns، *، ** به ترتیب به مفهوم غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪ می‌باشد.

ns , * and **: Nonsignificant and significant at %5 and %1 level of probability respectively.



شکل ۳- اثر متقابل آبیاری × روش کشت روی صفت وزن هزار دانه

Figure 3- Interaction of irrigation × method of cultivation on 1000-grain weight trait



شکل ۴- اثر متقابل آبیاری × روش کشت روی صفت تعداد دانه پر و پوک در خوشه

Figure 4- Interaction of irrigation × method of cultivation on number of full and empty seeds traits per panicle

ژنگ و همکاران (۲۷) عمق کم آب در مرحله آغازش و رشد پنجه‌های بارور را بهترین میزان آب برای رشد برنج با افزایش تعداد دفعات آبیاری توصیه نمودند و تأثیر منفی عمق زیاد آب (با افزایش ارتفاع آب از ۴ تا ۲۰ سانتی‌متر) روی مؤلفه‌های رشد و عملکرد برنج را گزارش نمودند. بنابراین شرایط افزایش دسترسی به آب می‌تواند سبب افزایش تعداد دانه پوک در خوشه گردد. شی و همکاران (۲۳) گزارش نمودند مدیریت‌هایی که سبب کوتاه شدن دوره فنولوژی برنج می‌شوند، سبب کاهش اجزای عملکرد ازجمله باروری خوشه و وزن

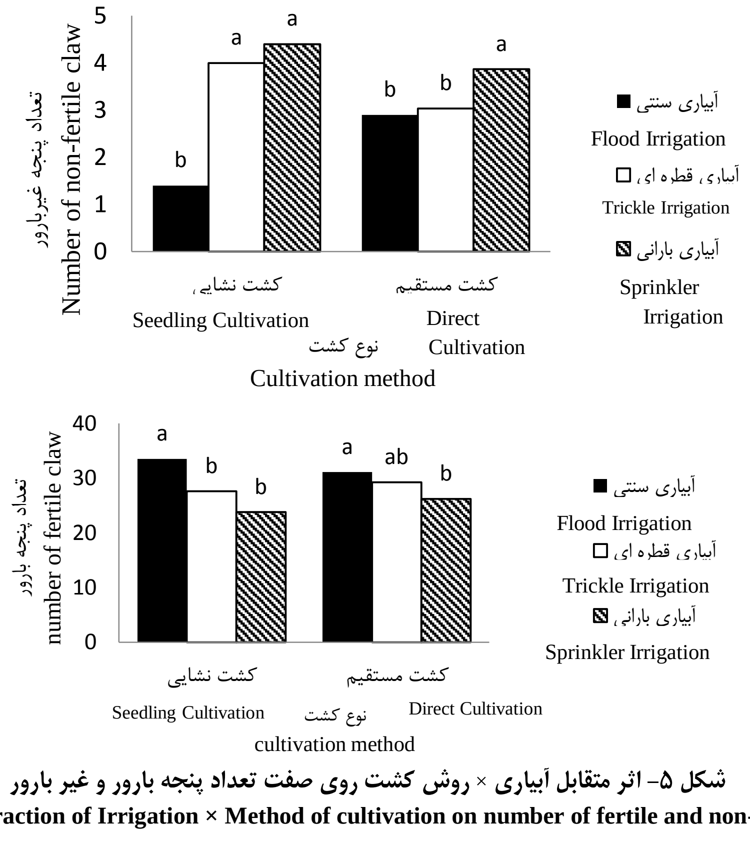
دانه می‌شود. بنابراین هر گونه تنش در اجرای روش‌های آبیاری می‌تواند در افزایش عقیمی خوشه و افزایش تعداد دانه و پوک مؤثر باشد. این نتایج با یافته های حبیبی اصل و همکاران (۱۳۸۸) که روش خشکه کاری را در سه رقم مورد امتحان قرار داده بودند، همخوانی داشت.

پنجه بارورو پنجه غیر بارور

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل آبیاری و روش کاشت بر تعداد پنجه بارور و غیر بارور معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین تعداد در نشایی در آبیاری سنتی (۳۳/۴) بود که با مقادیر به‌دست‌آمده آبیاری نواری–تیپ و بارانی (۲۷/۶ و ۲۳/۷) تفاوت معنی‌دار دارد (شکل ۵)؛ درحالی‌که بالاترین تعداد پنجه بارور درکشت مستقیم در آبیاری سنتی و نواری–تیپ (۳۱/۰۶ و ۲۹/۲) به دست آمد که با تعداد آن در آبیاری بارانی (۲۶/۲) تفاوت معنی‌دار داشت (شکل ۵). پیر دشتی و همکاران (۱۶) اثرات کمبود آب را در مراحل مختلف رشد رویشی، گلدهی و پر شدن دانه‌ها، بر عملکرد و اجزای عملکرد چهار رقم برنج طارم، خزر، فجر و نعمت بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که کمبود آب در مرحله رویشی به‌طور معنی‌داری باعث کاهش ارتفاع بوته و تعداد پنجه‌ها شد، درحالی‌که در مرحله زایشی و پر شدن دانه، تعداد دانه و وزن دانه‌ها را کاهش داد و در مرحله رویشی حساسیت بوته‌های برنج به کمبود آب بیشتر بود .در تحقیقی، وقتی بوته‌های برنج در محیط تنش خشکی ۸۰ درصد ظرفیت زراعی به مدت ۲۰ روز قرار گرفتند، میزان سطح برگ، ارتفاع، زیست‌توده، وزن خشک‌ریشه، وزن‌تر و وزن خشک گیاه چه در مقایسه با شاهد به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت (۵). بالاترین تعداد پنجه غیر بارور درکشت نشایی در آبیاری نواری و قطره‌ای (۴/۴ و ۴/۰) به دست آمد که با آبیاری سنتی (۱/۴) تفاوت معنی‌دار داشت درحالی‌که در کشت مستقیم بالاترین تعداد پنجه غیر بارور در آبیاری بارانی (۳/۸۶) به دست آمد که با آبیاری قطره‌ای و سنتی (۳/۰۳ و ۲/۹) تفاوت معنی‌دار داشت (شکل ۴). رضایی و نحوی (۲۷) بیان نمودند که کمبود دسترسی به آب ناشی از آبیاری غیر غرقابی با جلوگیری از انتقال املاح و مواد غذائی به گیاه و کاهش فتوسنتز باعث کاهش تعداد پنجه، سطح برگ، تجمع ماده خشک، تعداد دانه پر در خوشه، وزن صد دانه و درنهایت عملکرد می‌شود که با نتایج کربلایی و همکاران (۱۳۸۵) در توافق بود.

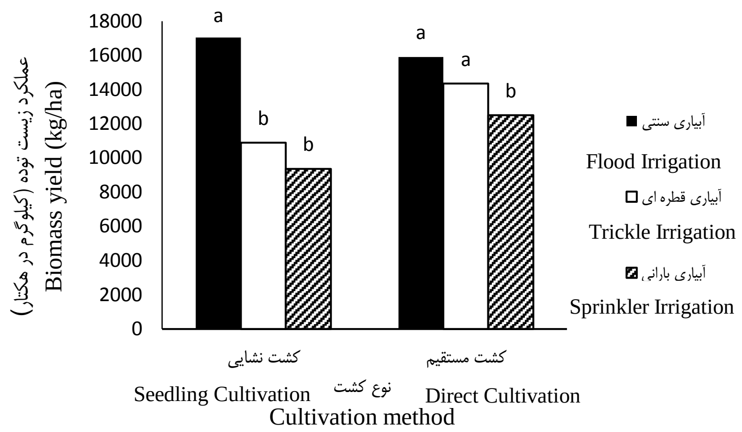
میزان آب مصرفی

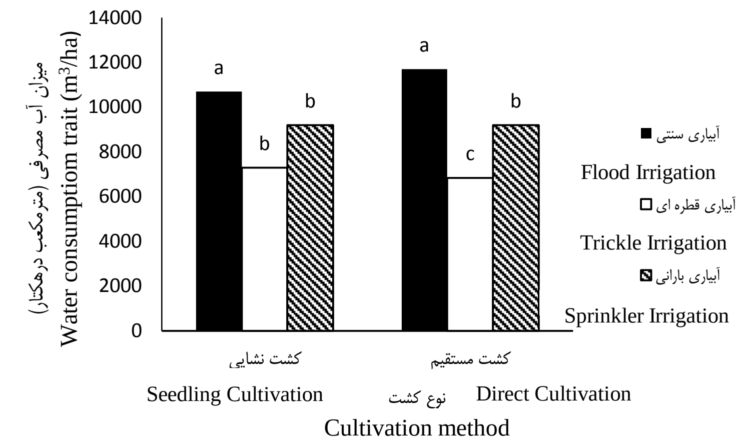
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل روش کاشت و آبیاری بر میزان آب مصرفی معنی‌دار بود (جدول ۲). در کشت نشایی بیش‌ترین مقدار آب مصرفی در آبیاری سنتی (۱۰۷۰۰ متر مکعب در هکتار) بوده است و روش‌های آبیاری نواری–تیپپ و بارانی (به ترتیب ۷۲۹۰ و ۹۲۰۰ متر مکعب در هکتار) تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (شکل ۶).



شکل ۵- اثر متقابل آبیاری × روش کشت روی صفت تعداد پنجه بارور و غیر بارور

Figure 5- Interaction of Irrigation × Method of cultivation on number of fertile and non-fertile tillers





شکل ۶- اثر متقابل آبیاری×روش کشت روی صفت میزان آب مصرفی و اثر متقابل آبیاری×روش کشت روی صفت عملکرد زیست‌توده

Figure 6- Interaction of Irrigation × cultivation method on water consumption trait and interaction of irrigation × cultivation method on biomass yield

درحالی‌که درکشت مستقیم آبیاری نواری-تیپ کم‌ترین مقدار مصرف آب (۶۸۴۰ متر مکعب در هکتار) را داشته و با سایر روش‌های آبیاری (به ترتیب ۱۱۶۹۳ و ۹۲۰۰ متر مکعب در هکتار مصرف آب در آبیاری سنتی و بارانی) تفاوت آن معنی‌دار بوده است. میرزایی و قدمی فیروزآبادی (۱۴) در بررسی کمیت و کیفیت چغندرقند در دو سیستم آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای در همدان مشاهده نمودند که مقدار مصرف آب در آبیاری قطره‌ای با تأمین ۱۰۰ درصد نسبت به آبیاری جویچه‌ای حدود ۸۰ درصد کاهش نشان داد. درصورتی‌که اختلاف تفاوت عملکرد قند قابل استحصال آن‌ها در دو سال آزمایش معنی‌دار نبود و باهدف کاهش مصرف آب و دستیابی به کارایی مصرف آب بالا، تیمار آبیاری قطره‌ای با تأمین و ۷۵ درصد نیاز آبی چغندرقند توصیه شد.

عملکرد زیست‌توده

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل روش کاشت و آبیاری بر عملکرد زیست‌توده معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج بالاترین عملکرد زیست‌توده درکشت نشایی در آبیاری سنتی (۱۷۰۴۵ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که با مقادیر به‌دست‌آمده در آبیاری نواری- تیپ و بارانی (به ترتیب ۱۰۸۹۶ و ۹۳۷۳ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌دار داشته است. درحالی‌که درکشت مستقیم عملکرد زیست‌توده آبیاری سنتی (۱۵۹۱۵ کیلوگرم در هکتار) با آبیاری قطره‌ای (۱۴۳۴۹ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین عملکرد زیست‌توده در آبیاری بارانی (۱۲۵۱۱ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (شکل ۶). به نظر می‌رسد کاهش رطوبت در منطقه رشد ریشه روی تولید زیست‌توده گیاه اثر منفی گذاشته است. میر ابوالقاسمی و همکاران (۱۳) بیان نمودند که برنج برای توسعه ریشه خود نیاز به شرایط اشباع دارد و کاهش رطوبت خاک از حد اشباع، باعث کاهش میزان عملکرد ماده خشک‌شده است. گیاهان سه کربنی مانند برنج در شرایط عدم آبیاری به سرد کردن برگ‌های خود از طریق تعرق وابسته می‌باشند. در چنین شرایطی، خشکی خاک سبب می‌شود گیاه علاوه بر دمای محیط به دلیل عدم توانایی تعرق، تنش گرمایی مضاعفی را تحمل کند که سبب آسیب به گیاه می‌شود (۲۵).

شاخص برداشت

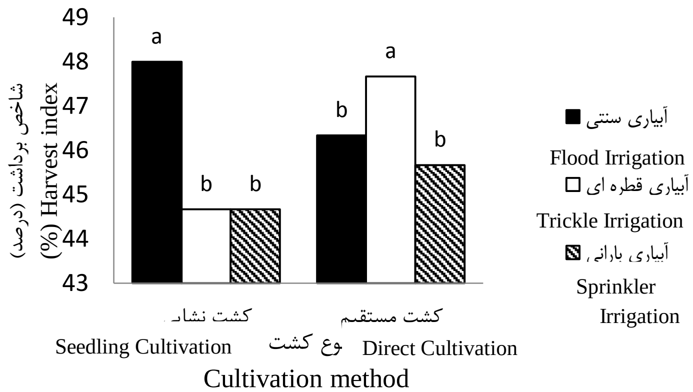
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل روش کاشت و آبیاری بر میزان شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۲). درکشت نشایی بالاترین شاخص برداشت در آبیاری سنتی به دست آمد (۴۸ درصد) که با مقادیر به‌دست‌آمده در آبیاری بارانی و نواری–تیپ (به ترتیب ۴۴/۶ و ۴۴/۶ درصد) تفاوت معنی‌دار داشت (شکل ۷)؛ درحالی‌که درکشت مستقیم بالاترین شاخص برداشت در آبیاری قطره‌ای (۴۷/۶ درصد) به دست آمد که با آبیاری سنتی و بارانی (به ترتیب ۴۶/۳ و ۴۵/۶ درصد) و تفاوت معنی‌دار داشت (شکل ۷). صنوبر و همکاران (۲۲) در بررسی اثر آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم مشاهده نمودند که در شرایط نامناسب آبیاری، مقادیر عملکرد دانه و شاخص برداشت روند کاهشی به خود گرفت که کاهش در عملکرد دانه مستقیماً متأثر از کاهش در اجزای تشکیل‌دهنده آن بود و کاهش در شاخص برداشت گواه این نکته بود که عملکرد دانه در اثر دسترسی نامناسب آب به گیاه، تأثیرپذیری بیشتری نسبت به عملکرد ماده خشک (کل) گیاه داشت که مهم‌ترین دلیل عمده آن طولانی‌تر بودن طول دوره پر شدن دانه و بالاتر بودن سرعت انتقال مواد فتوسنتزی اندام‌ها به سمت دانه در تیمارهای رطوبتی با فواصل آبیاری کمتر بود. طی آزمایشی مشابه در اثر شرایط رطوبتی نامناسب عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت گندم بهاره به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (۲۶).

بهره‌وری مصرف آب

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل روش کاشت و آبیاری بر میزان کارایی مصرف آب معنی‌دار بود (جدول ۲). درکشت نشایی بالاترین بهره‌وری آب در آبیاری سنتی و قطره‌ای (به ترتیب ۰/۷۶ و ۰/۶۶ کیلوگرم بر متر مکعب) به دست آمد که آبیاری بارانی (۰/۴۵ کیلوگرم بر متر مکعب) تفاوت معنی‌دار داشتند؛ درحالی‌که درکشت مستقیم بالاترین میزان بهره‌وری در آبیاری نواری–تیپ (۰/۹۹ کیلوگرم بر متر مکعب) به دست آمد که با تیمارهای آبیاری بارانی و سنتی (به ترتیب ۰/۶۲ و ۰/۶۳ کیلوگرم بر متر مکعب) تفاوت معنی‌دار داشتند (شکل ۸). بلدر و همکاران (۳) دریافتند که با تغییر روش آبیاری غرقاب به غیر غرقاب در گیاه برنج مقدار بهره‌وری آب افزایش می‌یابد. لمپین و همکاران (۱۰) مشاهده نمودند که کاهش مصرف آب با افزودن تناوب آبیاری و خشکی نسبت به آبیاری غرقاب، سبب بهبود بهره‌وری آب در برنج از نظر تولید عملکرد دانه می‌شود. گیلانی و همکاران (۸) در بررسی اثر آبیاری بارانی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و راندمان مصرف آب ارقام برنج درکشت مستقیم خشکه‌کاری در خوزستان در سه سطح آبیاری ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد آب مورد نیاز گیاه، مشاهده نمودند که بالاترین راندمان مصرف آب مربوط به سطح ۷۵ درصد با ۱۷۹ گرم در متر مکعب بود. قدمی فیروزآبادی و همکاران (۱۸) در بررسی اثر سامانه‌های آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب سه ژنوتیپ گندم و ارزیابی اقتصادی آن‌ها در همدان مشاهده نمودند آبیاری قطره‌ای باعث افزایش ۱۳۲ و ۴۵ درصدی کار آیی مصرف آب نسبت به روش جویچه‌ای و بارانی گردید . مولایی (۱۵) در بررسی آبیاری بارانی و نواری–تیپ ازلحاظ عملکرد و کارای مصرف آب در ارقام برنج مشاهده نمودند که آبیاری نواری–تیپ (۶۲۸۰ متر مکعب بر هکتار) میزان مصرف آب را نسبت به آبیاری بارانی (۷۴۷۰ متر مکعب بر هکتار) ۱۶ درصد کاهش داد و در این پژوهش آبیاری نواری–تیپ در مقایسه با آبیاری بارانی عملکرد بیشتر و کارایی مصرف آب بالاتری داشت.

نتیجه‌گیری

تنظیم مصرف آب از هر دو طریق مصرف کم‌تر آب و کاهش هدرروی آب می‌تواند سبب سوق دادن نظام‌های تولید برنج به بهره‌وری بیشتر آب برای ایجاد نظام‌های تولید پایدار برنج شود. استفاده از روش آبیاری غرقابی، مستلزم مصرف فراوان آب می باشد. با توجه به افزایش خطر کمبود آب، نیاز به‌روش‌های آبیاری که مصرف آب را کاهش دهند الزامی می‌باشد.



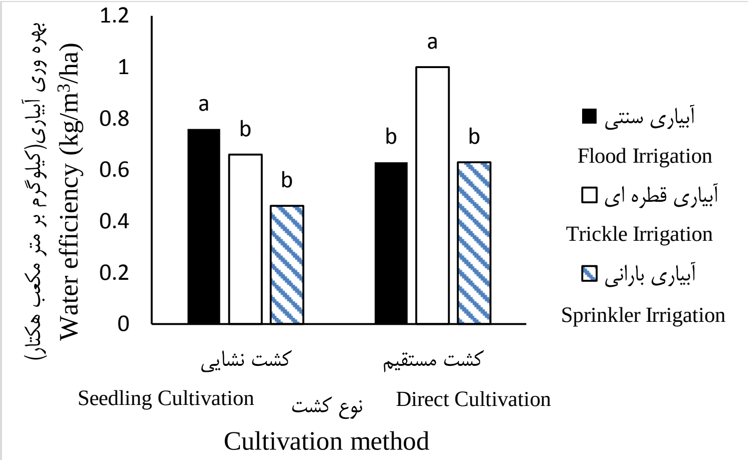
شکل ۷- اثر متقابل آبیاری × روش کشت روی صفت شاخص برداشت

Figure 7- Interaction of irrigation × cultivation method on harvest index

جدول ۳-همبستگی عملکرد واجزای عملکرد برنج تحت تیمارهای آبیاری و روش کاشت

Table 3- Correlation of yield and yield components of rice under irrigation treatments and cultivation method

	تعداد پنجه عقیم در بوته Number of non-fertile claw in plant	تعداد دانه پوک در خوشه Number of empty grains per panicle	تعداد پنجه بارور بوته Number of fertile claw in plant	عملکرد زیست‌توده Biomass yield	عملکرد شلتوک Rough yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000-grain weight	ارتفاع بوته Plant height	طول خوشه Panicle length	تعداد دانه پر در خوشه Number of full grain per panicle
تعداد پنجه عقیم در بوته Number of non-fertile claw in plant	1.00000									
تعداد دانه پوک در خوشه Number of empty grains per panicle	0.85**	1.00000								
تعداد پنجه بارور بوته Number of fertile claw in plant	-0.80370	-0.85405	1.00000							
عملکرد زیست‌توده Biomass yield	-0.85**	-0.93**	0.83**	1.00000						
عملکرد شلتوک Rough yield	-0.87**	-0.93**	0.83**	0.99**	1.00000					
شاخص برداشت Harvest index	-0.77**	-0.70**	0.58*	0.76**	0.81**	1.00000				
وزن ۱۰۰۰ دانه 1000-grain weight	-0.80**	-0.78**	0.70**	0.81**	0.83**	0.75**	1.00000			
ارتفاع بوته Plant height	-0.71**	-0.87**	0.71**	0.86**	0.85**	0.61**	0.83**	1.00000		
طول خوشه Panicle length	-0.81**	-0.88**	0.72**	0.91**	0.92**	0.80**	0.77**	0.78**	1.00000	
تعداد دانه پر در خوشه Number of full grain per panicle	-0.92**	-0.93**	0.89**	0.89**	0.89**	0.66**	0.84**	0.84**	0.79**	1.00000



شکل ۸- اثر متقابل آبیاری × روش کشت روی صفت بهره‌وری آب

Figure 8- Interaction of irrigation × method of cultivation on water efficiency

مهم‌ترین دستاورد این تحقیق این بود که روش‌های آبیاری نوین با کاهش مصـــرف آب، عملکرد قابل قبولی را تولید کردند. نتایج این آزمایش نشـان داد که روش آبیاری نواری-تیپ ضمن کاهش مصرف آب، توانایی افزایش بهره‌وری آب و حفظ میزان عملکرد برنج درکشت مسـتقیم را داشـته است؛ درحالی‌که این روش درکشت نشایی نیازمند بررســـی‌های بیش‌تر و در نظر گرفتن تمهیدات جدی‌تر جهت افزایش بهره‌وری آب و عملکرد برنج هست. درکشت نشایی، آبیاری قطره‌ای و سـنتی دارای بازده مصـرف آب بیشتری نسبت به آبیاری نواری-تیپ بود البته کاهش معنی‌دار عملکرد در آبیاری قطره‌ای نســبت به آبیاری غرقابی از نقطه نظر اقتصــادی می بایســـت، با قیمت واقعی آب مورد تجزیـه و تحلیـل قرار گیرد. در مجموع در این تحقیق روش آبیـاری نواری-تیپ ضمن کاهش مصرف آب، توانایی افزایش بهره‌وری آب و حفظ میزان عملکرد برنج درکشـت مسـتقیم را داشـته اسـت. آبیاری بارانی کم‌ترین عملکرد شـلتوک را درکشـت نشـایی و کشت مستقیم داشته است. به نظر می‌رسد مشکلاتی ازجمله عدم یکنواختی پاشش و هـدر روی آب از طریق بـاد و نیز عدم کیفیت آبپاش‌ها از دلایل مهم کاهش کارایی آبیاری بارانی باشد.

منابع

1- Arabzadeh B. 2005. Investigation of low-irrigated crops in seedling cultivation in Fajr cultivar rice. Iran Rice Competitive Expectations. 24. (In Persian)

2- Baghbani J. 2000. The effect of irrigation period and number of droplets irrigation on yield and quality of watermelon in Khorasan Agricultural Research Center, issue 1351. (In Persian)

3- Belder P., Bouman B.A.M., and Spiertz J.H.J. 2007. Exploring option for water savings in lowland rice using a modeling approach. Agricultural Systems 92: 91–114.

4- Bouman B.A.M., Lampayan R.M., and Tuong T.P. 2007. Water management in irrigated rice: coping with water scarcity. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 54 p.

5- Farooq M., Wahid D. A; Lee J.O.; and Siddique K.H.M. 2009. Advances in drought resistance of rice. Critical Reviewsin Plant Science. 28:199–217.film. Agri. Water Management, ISSN 0378-3774, CODEN AWMADF. 79: 265-279.

6- Gilani A., and Absalan Sh.A. 2010. Investigation of the effect of irrigation regimes on individuals and growth indicators of irrigation in Khoozestan. Agricultural Education and Training Organization. Final Research Project Report. (In Persian)

7- Gilani A., and Rezaei M. 2001.Comparison of Sprinkler and Flood Irrigation Application for Rice Direct Seeding Cultivation in Khuzestan. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Final report. (In Persian)

8- Gilani A., Absalans Sh., Jalali S., and Behbahani L. 2019. Effect of sprinkler irrigation on grain yield, yield components and water use efficiency of rice cultivars in direct drying in Khuzestan. Irrigation Science and Engineering 42(2): 63-73. (In Persian with English abstract)

9- Habibi Asl J., Loimi N., and Gilani A. 2009. Study and comparison of three mechanized drying methods of different rice cultivars in Khuzestan. Journal of Agricultural Engineering Research. 1(10): 81-96.

10- Kahlown M. A., Raoof A., Zubair M., and Kemper W.D. 2007. Water use efficiency and economic feasibility of growing rice and wheat with sprinkler irrigation in the Indus Basin of Pakistan. Agricultural Water Management 87(3): 292-298.
11- Karbalaei MT., Aqeb P., and Hosseinian H. 2006. Direct cultivation of rice cultivars (drying method and wet bed) in comparison with transplanting in Mazandaran province. 9th Congress of Agriculture and Plant Breeding.
12- Lampayan R.M., Samoy-Pascual K.C., Sibayan E.B., Ella V.B., Jayag O.P., Cabangon R.J., and Bouman B.A.M. 2015. Effects of alternate wetting and drying (AWD) threshold level and plant seedling age on crop performance, water input, and water productivity of transplanted rice in Central Luzon, Philippines. Paddy and Water Environment 13(3), 215-227.
13- Majidian M., Ghalavandi A., Haghighi K., and Karimian N. 2008. Effect of drought stress, nitrogen and organic fertilizer on chlorophilometer reading, grain yield and yield components of corn cross 704. Iranian Journal of Crop Sciences 10: 304-330. (In Persian)
14- Maneta M., Torres M.d.O., Wallender W., Vosti S., Howitt R., Rodrigues L., Bassoi L., and Panday S. 2009 A spatially distributed hydroeconomic model to assess the effects of drought on land use, farm profits, and agricultural employment. Water Resources Research 45(11): W11412.
15- Mir Abolghasemi SA.M., Ghobadi Nia M., Ghasemi A.R., and Annoryemamzadehe M.R. 2016. Influence of underground irrigation and irrigation management on growth characteristics and yield components of rice in arid and semiarid region. Water and Soil 31(2): 411-421. (In Persian)
16- Mirzai M.R., and QadamiFirouzAbadi A. 2007. Investigation of beet quantity and quality in furrow and drip irrigation systems in Hamadan. Sugar Beetle Journal 23 (2): 111-123. (In Persian)
17- Molaei B. 2012. Investigation of t-tape and rainfall drip irrigation for yield and water consumption efficiency for two Born and Satina potato cultivars under different organic fertilizer consumption conditions. Master thesis. Isfahan University of Technology. 110. (In Persian)
18- Mmomeni A. 2016. A look at the development capabilities of aerobic rice cultivation in conditions of water shortage crisis in Iran. Journal of Crop Sciences 18(3): 179-195.
19- Pirdashti H., Sarvestani Z.T., Nematzadeh G., and Ismail A. 2004. September. Study of water stress effects in different growth stages on yield and yield components of different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. In The 4th International Crop Science Congress. Brisbane, Australia.
20- Prasad P.V.V., Staggenborg S.A., and Ristic Z. 2008. Impacts of drought and/or heat stress on physiological, developmental, growth, and yield processes of crop plants. Response of crops to limited water: Understanding and modeling water stress effects on plant growth processes, (responseofcrops), 301-355.
21- QadamiFirouzabadi A., Chaychi M., and Sidan S.M. 2017. The effect of irrigation systems on water yield and productivity of three wheat genotypes and their economic evaluation in Hamadan. Water Research in Agriculture 31.2(2): 149-139. (in Persian)
22- Razavi Pour T., Yazdani M.R., and Kavusi M. 2000. Effect of soil moisture stress at different stages of rice growth on grain yield of Binam cultivar. Proceedings of the 6th Iranian Soil Science Congress, Mashhad. 613–614. (In Persian)
23- Rezaei M., and Nahvi M. 2007. Effect of irrigation interval on rice yield. Proceedings of the 11th Conference on Irrigation and Drainage. Tehran. 233–240. (In Persian)
24- Rezai M., and Nahvi M. 2003. Effect of irrigation intervals on rice yields. Content studies of irrigation and drainage fuels. Tehran. (In Persian)
25- Senobar A., Tabatabai S.A., and Dahghane F. 2010. The Effect of Irrigation Period on Grain Yield and Yield Components of Bread Wheat Genotypes in Yazd Region. Journal of Environmental Stress in Agricultural Sciences (2): 95-104. (In Persian)
26- Shi HR., Zhang WZ., Xie WX., Yang Q., Zhang Z.Y., et al. 2009. Analysis of matter production characteristics under different nitrogen application patterns of japonica super rice in north China. Acta Agronomica Sinica 34: 1985–1993. (In Chinese with English abstract)
27- Sohrabi T., Alizadeh M., and Babaei H. 2010. Performance evaluation of irrigation systems under pressure of Qazvin irrigation network. Third national conference on irrigation and drainage management, ShahidChamran University of Ahvaz. 190 (In Persian)
28- Taiz L., and Zeiger E. 2006. Plant physiology. Sinauer Associates. Sunderland MA. US. 2010. 782 p.
29- Yan-Jun D., Zi-Zhen L., and Wen-Long L. 2006. Effect of different water supply regimes on.
30- Zhang H., Links P.H., Ngsee J.K., Tran K., Cui Z., Ko K.W., and Yao Z. 2003. Localization of LDL receptor-releated protein 1 (LRP1) to caveolae in 3T3-L1 adipocytes in response to insulintreatment. Journal of Biological Chemistry.

Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 5, Nov.-Dec. 2020, p. 1019-1032

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۹، ص. ۱۰۳۲-۱۰۱۹

The Effect of Trickle and Sprinkler Irrigation Systems on Yield and Water Productivity of Rice in Transplanting and Direct Cultivation Methods

M. Karimi Fard[1]- M. Zakerinia[2]*-A.R. Kiani[3]- M.T. Feyz Bakhsh[4]
Received: 05-02-2020
Accepted: 26-08-2020

Introduction: Rice is the second most important edible grain after wheat in Iran. The most important factor for sustainable production in rice production lands, is water. Almost 75 percent of the world's rice is produced from paddy fields and rice is the largest consumer of water among all crops. Its growth is significantly affected by climate change and water scarcity. This research was carried out to compare the direct cultivation and transplanting of rice under different irrigation methods from the point of view of water productivity.

Material and Methods: The current work was designed as split plot based on randomized complete block design with 6 treatments and three replications in 18 plots with 6 m wide and 12 m length (72 m^2) in area of approximately 1500 m^2 at the Agricultural Research Station of Golestan province in spring and the summer of 2018. Treatments including three levels of basin irrigation, sprinkler and drip (tape) irrigation were considered as main factors and two methods of direct cultivation and transplanting were considered as sub-factors.

Results and Discussion: The results of analysis of variance showed that the effect of irrigation and sowing method on the yield of rice were significant at 0.01 level probability. The highest amount of biological yield in transplanting was obtained by basin irrigation (8177 kg/ha) and in direct seeding in basin irrigation and taper irrigation (7375 and 6836 kg/ha, respectively). The highest 1000-grain weight in transplanting method was obtained in basin irrigation and direct seeding method in traditional irrigation and tape irrigation. The highest number of filled grains in the panicle was observed in the basin irrigation treatment in transplanting, with significant difference compared to the amount observed in direct seeding. Traditional irrigation between planting methods had not significant effect on the number of hollow grains; while in sprinkler and tape irrigation (with an average of 51 and 56 for sprinkler and tape irrigation, respectively), the number of hollow grains had a higher rate in direct seeding (with an average of 41 and 45 for sprinkler and tape irrigation). The results showed that basin irrigation with 8177 kg/ha grain yield in transplanting method and basin and tape irrigations with 7375 and 6836 kg/ha in direct seeding method had the highest grain yield. Sprinkler irrigation had the lowest paddy yields in transplanting (4188 kg/ha) and direct seeding (5712 kg/ha). Tape irrigation with 7390 and 6840 m^3 of consumed water, resulted in lower water consumption compared to traditional irrigation (10700 and 1693 m^3), respectively. The highest amount of water use efficiency was obtained in direct and tape irrigation (0.99 kg/m^3) and in traditional and tape irrigation (0.76 and 0.66 kg/m^3, respectively).

Conclusion: Adjusting water consumption both through lower water consumption and reduced water wastage can lead higher water productivity of rice production systems creating sustainable rice production systems. In transplanting method, tape irrigation and traditional irrigation had higher water use efficiency than sprinkler irrigation, although a significant water use reduction in tape irrigation rather than basin irrigation should be analyzed economically at real water prices. Overall, in this study, the tape irrigation method, by reducing water consumption, was able to increase water productivity and maintain the yield of rice in direct cultivation. Sprinkler

1 and 2- M.Sc. Student and Associate Professor Department of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: mzakerinia@gmail.com)
3- Research Professor of Technical and Engineering Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Training Center
4- Assistant Professor of Agriculture and Horticulture, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Training Center
DOI: 10.22067/jsw.v34i5.84952

irrigation had the lowest yield of rice in transplanting and direct cultivation. Problems such as lack of uniformity of spraying and waste water through the wind as well as poor quality of sprinklers are the main reasons for the decrease of the efficiency of sprinkler irrigation.

Keywords: Direct cultivation, Transplanting cultivation, Trickle irrigation, Production, Rice.